

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE MEDICINA**



**“ANGIOTOMOGRAFIA CEREBRAL CON REDUCCIÓN DE ARTEFACTO METÁLICO
VS ANGIOGRAFIA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL PARA EL SEGUIMIENTO DE
ANEURISMAS CEREBRALES TRATADOS POR VIA ENDOVASCULAR”**

Por

DR. LUIS FELIPE CHECA HURTADO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA**

NOVIEMBRE 2020

"ANGIOTOMOGRAFIA CEREBRAL CON REDUCCIÓN DE ARTEFACTO METÁLICO VS ANGIOGRAFIA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL PARA EL SEGUIMIENTO DE ANEURISMAS CEREBRALES TRATADOS POR VIA ENDOVASCULAR"

Aprobación de la tesis:

Dr. Jesus Alberto Morales Gomez
Director de la tesis

Dr. Mauricio Arteaga
Coordinador de Enseñanza

Dr. Mario Benvenuti
Coordinador de Investigación

Dr. med. Angel Martinez Ponce De Leon
Profesor: Titular del Programa

Dr. med. Felipe Arturo Morales Martinez
Subdirector de Estudios de Posgrado

Con formato: Fuente:
(Predeterminado) Arial

Con formato: Izquierda

~~“ANGIOTOMOGRAFIA CEREBRAL CON REDUCCIÓN DE ARTEFACTO METÁLICO VS ANGIOGRAFIA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL PARA EL SEGUIMIENTO DE ANEURISMAS CEREBRALES TRATADOS POR VIA ENDOVASCULAR”~~

~~Aprobación de la tesis:~~

~~Dr. Jesus Alberto Morales Gomez~~
~~Director de la tesis~~

~~Dr. Mauricio Arteaga~~
~~Coordinador de Enseñanza~~

~~Dr. Mario Benvenuti~~
~~Coordinador de Investigación~~

~~Dr. med. Angel Martinez Ponce De Leon~~
~~Profesor: Titular del Programa~~

Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mi esposa e hija quienes sintieron aún más que yo la ausencia durante el tiempo de esta especialidad y sin quienes nada de esto hubiese sido posible gracias a su gran apoyo y dedicación.

Agradezco inmensamente al servicio de Neurocirugía y Terapia endovascular Neurológica y especialmente a mis maestros por brindarme la oportunidad y el honor de aprender este bello arte bajo su guía.

A mi padre y mi madre por todo lo que me dan en cada paso de mi vida.

Agradecimiento grande a la división de investigación de UANL, sin su apoyo esta tesis no sería realidad.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I Página

1. RESÚMEN 7

Capítulo II

2. INTRODUCCIÓN 9

Capítulo III

3. HIPÓTESIS 11

Capítulo IV

4. OBJETIVOS 12

Capítulo V

	5. MATERIAL Y MÉTODOS	13
Capítulo VI		
	6. RESULTADOS.	15
Capítulo VII		
	7. DISCUSIÓN	20
Capítulo VIII		
	8. CONCLUSIÓN	22
Capítulo IX		
	10.BIBLIOGRAFÍA	23
Capítulo X		

11. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	25
----------------------------------	----

INDICE DE TABLAS Y GRAFICAS

Tabla	Página
1. Resumen de Hallazgos.....	17

Gráficas

1. Distribución por genero de los pacientes con aneurismas cerebrales embolizados en HU 2018-2019	15
2. Localización de los 12 aneurismas estudiados	15
3. Diferencia entre CTARaM y DSA	16
4. Recurrencias en CTARaM y DSA y las que requirieron tratamiento	16

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Aneurisma recanalizado	18
2. Discrepancia entre CTARaM - DSA	19

LISTA DE ABREVIATURAS

- **CTAMaR:** Angiotomografía Cerebral con Reducción de artefacto Metálico.
- **DSA:** Angiografía por sustracción Digital
- **HU:** Hospital Universitario José Eleuterio González
- **GDC:** Coils desprendibles Guglielmi
- **HSA:** Hemorragia subaracnoidea aguda
- **ISAT:** International Subarachnoid Aneurysm Trial
- **MRA:** angiografía por resonancia magnética
- **TOF-MRA:** MRA en tiempo de vuelo

- **CE-MRA:** MRA con contraste
- **ivACT:** Tomografía flat panel rotacional en el angiografo con inyección de contraste endovenoso
- **AV:** El ancho de la ventana
- **UH:** Unidades Hounsfield
- **NV:** Nivel de la ventana
- **ICA:** Arteria Carótida interna
- **Pcom:** Segmento Comunicante posterior de Carótida Interna
- **MCA:** Arteria Cerebral Media
- **AcoA:** Arteria Comunicante anterior
- **PC PICA:** Aneurismas de la circulación posterior - Arteria Cerebelosa Posteroinferior
- **3D:** Reconstrucción tridimensional
- **MIP:** Reconstrucción Maxim Intensive Proyection MIP
- **WEB:** Dispositivo Woven EndoBridge

- **SEMAR:** Algoritmos para la reducción de artefactos metálicos de energía única
- **UHRCT:** Ultra-high-resolution CT

Capitulo 1.

1. RESUMEN

Objetivo del estudio: Comparar la angiotomografía con técnica de reducción de artefacto metálico y la angiografía por sustracción digital para la evaluación de la oclusión de aneurismas intracraneales después del manejo endovascular con coils.

Evaluar la precisión de la angiotomografía cerebral de 64 cortes con técnica de reducción de artefacto metálico (CTAMaR) en comparación con la angiografía convencional (DSA) en la detección de la recanalización o el remanente de aneurismas intracraneales embolizados con coils.

Métodos: Estudio retrospectivo con los pacientes con aneurismas intracraneales tratados mediante embolización con coils en el Hospital Universitario José Eleuterio González (HU), durante los años de 2018 y 2019, a quienes se realizó CTAMaR y DSA para el seguimiento del aneurisma después de la embolización. Las imágenes de CTAMaR y DSA serán analizadas independientemente por dos Neuroradiólogos y dos Neurocirujanos Endovasculares. Los Hallazgos serán asignados a una de las tres categorías de la clasificación de Raymond: oclusión completa grado 1, cuello residual grado 2 o aneurisma residual grado 3. La concordancia entre los observadores y las técnicas será evaluada usando la Kappa statistics calculando el coeficiente de Cohen. Un valor de 0,41-0,60 para el coeficiente se interpreta como un acuerdo moderado; un valor de 0,61 a 0,80, como acuerdo sustancial; y un valor de 0.81–1.00, como acuerdo casi perfecto.

Recursos e Infraestructura: Se utilizarán los estudios que de manera protocolaria se realizan en el servicio de terapia endovascular neurológica para el seguimiento de los pacientes con aneurisma cerebral que fueron manejados por vía endovascular en HU, igualmente los neuroradiólogos y neurocirujanos endovasculares pertenecen al grupo de ambas especialidades del HU. Los equipos para tomografía y Angiografía se encuentran dentro del HU.

Experiencia del grupo: El servicio de Terapia Endovascular Neurológica tiene más de 20 años de experiencia en el manejo de aneurismas cerebrales mediante la técnica de embolización con coils además de otros dispositivos y el servicio es reconocido como uno de los tres centros de más alta experiencia en estos manejos en México, además

de contar con uno de los tres servicios que forma nuevos especialistas en el país, por otro lado el servicio de Neuroradiología cuenta con dos Neuroradiólogos y dos residentes altamente experimentados en la interpretación de angiotomografía cerebral tanto para diagnóstico como para seguimiento de aneurismas cerebrales entre un sinnúmero de otras patologías cerebrales.

Tiempo a desarrollarse: Se ha estimado un tiempo de 1 año desde la presentación del protocolo hasta la preparación del artículo para su publicación.

Resultados esperados Hipótesis: Después de revisar los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, y revisar las imágenes, se analizará cuáles aneurismas estuvieron completamente obliterados, con cuello remanente o aneurisma remanente, y se analizará la concordancia entre los observadores (valor de K), de igual forma se intentará demostrar que la CTAMaR es al menos igual a la DSA para el seguimiento de aneurismas embolizados con coils.

Hipótesis Nula: La CTAMaR no es igual a la DSA para el seguimiento de aneurismas embolizados con Coils.

Conclusión: La CTAMaR es tan precisa como la DSA para la evaluación de la oclusión del aneurisma después del tratamiento endovascular con coils. Podemos sugerir que la CTAMaR es una herramienta útil para el seguimiento de aneurismas embolizados con coils.

|

Capítulo II

2. INTRODUCCION

Los Aneurismas intracraneales son un importante problema de salud pública alrededor del mundo, afectando cerca del 2% de la población [1]. El tratamiento endovascular que inició en 1991 con el uso de coils desprendibles Guglielmi (GDC) [2, 3,15] es actualmente ampliamente aceptado como una opción terapéutica en pacientes con hemorragia subaracnoidea aguda (HSA) o en aneurismas cerebrales sin ruptura [4, 5]. Sin embargo, los aneurismas que han sido tratados con GDC pueden recurrir. Los resultados mostrados por el International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) mostraron que la tasa de resangrado es del 0.2% por paciente por año, con un seguimiento entre 1 a 8 años y con una media de 4 años [6]. El seguimiento por medio de imágenes es frecuentemente necesario para evaluar la presencia de aneurisma residual o recurrencia después de la embolización. Tradicionalmente la DSA ha sido considerada como el “gold standard” para este seguimiento, a pesar de ser invasiva y tener riesgo de complicaciones entre las que se incluyen los riesgos de exposición a la

radiación ionizante, la nefroxicidad de los agentes de contraste a base de yodo, la tromboembolia cerebral y el daño arterial iatrogénico. Las tasas informadas de complicaciones neurológicas son 0.34–1.3% [7]. En algunos estudios se considera que la angiografía por resonancia magnética (MRA) es superior a angiotomografía (CTA) debido a la ausencia de los artefactos metálicos producidos por la masa de coils [7]. Por lo tanto, se han intentado técnicas de imagen alternativas no invasivas como MRA en tiempo de vuelo (TOF-MRA) y MRA con contraste (CE-MRA), tomografía flat panel rotacional en el angiografo con inyección de contraste endovenoso (ivACT) y software de disminución de artefacto metálico para reemplazar la DSA para evidenciar un aneurisma residual posterior a la embolización [8,9,10,16,17,18,19,22]. Algunos autores sugieren que la DSA 3 o 6 meses después de la colocación de los coils puede ser reemplazada por MRA [11]. En algunos países y en algunos pacientes la MRA no es una opción o no está disponible, entonces se plantea que la técnica de CTA con reducción de artefacto metálico (CTAMaR) es una alternativa viable tan eficiente como la DSA para el seguimiento y evaluación de los aneurismas embolizados con coils.

El propósito de este estudio retrospectivo es evaluar la precisión de la CTAMaR de 64 cortes en comparación con la DSA en la detección de la recanalización o el remanente de aneurismas intracraneales embolizados con coils.

En nuestro país los elevados costos de la realización de una DSA para el seguimiento de un aneurisma cerebral embolizado con coils deben ser en la mayoría de los casos cubiertos por el paciente o su familia, de igual manera la MRA también tiene un alto costo y no se encuentra disponible en algunas regiones apartadas. Por otro lado, la

DSA por ser un estudio invasivo somete al paciente un riesgo de complicaciones, que, si bien son bajos, estos pueden evitarse mediante técnicas de imagen no invasivas. En algunos pacientes como los que tienen claustrofobia o usan marcapasos no compatibles, la MRA simplemente no es una alternativa [16]. A pesar de la eficiencia de la terapia endovascular en el manejo de aneurismas cerebrales probada en diferentes estudios controlados aleatorizados, también se ha demostrado recurrencia del aneurisma de hasta el 30%, que no siempre necesita retratamiento, pero que, sin embargo, puede asociarse con un riesgo de resangrado del 0.2% por paciente por año [6,12,13]. Entonces entendemos que se debe controlar de manera estricta el aneurisma embolizado, ya que existe un riesgo real tanto de recanalización como de hemorragia subaracnoidea. La CTAMaR es relativamente económica y se puede realizar rápidamente inmediatamente después de una tomografía computarizada (TC) del cerebro no mejorada de rutina, en pacientes con sospecha de HSA aneurismática o después del tratamiento, y la CTAMaR ha demostrado potencial en la detección no invasiva de aneurisma intracraneal, así como su recanalización después de la embolización [16] [19]. Por estas razones en nuestro medio se realiza DSA o MRA para el control de los aneurismas embolizados, sin embargo con la técnica de optimización de imágenes de CTA disminuyendo el artefacto producido por el material embólico (coils, stents) se podría evaluar de manera confiable, cuando se compara con la DSA, la recanalización o el residuo del aneurisma embolizado, a menor costo y con una técnica que es reproducible en otros centros que no cuentan con MRA o DSA , así se disminuyen los costos de estos estudios y se hace más viable seguimiento imagenológico de nuestros pacientes. Muchos hospitales pueden no tener acceso a

DSA rotacional pero se cuenta con máquinas de TC de 64 cortes sobre todo en países en desarrollo [15].

Desde el inicio del manejo endovascular de los aneurismas cerebrales con los GDC en 1991, se notó el artefacto producido por estos en las imágenes de Tomografía por lo tanto se desarrolló rápidamente protocolos de seguimiento con resonancia cerebral, en donde se atenuó el defecto de imagen producido por la masa de coils. Por esta razón y con la tecnología del momento se abandonó la CTA en el seguimiento del aneurisma embolizado, pero con el avance de las técnicas de disminución del artefacto producido por el metal (CTAMaR), se logró visualizar mucho mejor el aneurisma embolizado, su cuello o incluso su recanalización y esta técnica puede ser ahora comparada tanto con la DSA como con MRA y se convierte en una alternativa para pacientes o lugares donde estas últimas no están disponibles por distintas razones. Por otro lado, actualmente se han desarrollado imágenes de tomografía rotacional optimizada con los equipos de angiografía que son una nueva modalidad de seguimiento, que puede ser comparable con la DSA o MRA [14, 17, 18,19,22]. Sin embargo, en nuestro medio es mucho menos factible y más costoso llevar al paciente a una sala de hemodinamia para realizar una tomografía rotacional que realizar una CTAMaR o una MRA.

Capítulo III

3. HIPOTESIS

La CTAMaR es igual en precisión como la DSA para la evaluación de la oclusión del aneurisma después del tratamiento endovascular con coils.

Hipótesis Nula: La CTAMaR no es igual en precisión a la DSA para el seguimiento de aneurismas embolizados con Coils

|

Capítulo IV

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

El propósito de este estudio retrospectivo es evaluar la precisión de la CTAMaR en comparación con la angiografía convencional (DSA) en la detección de la recanalización o el remanente de aneurismas intracraneales embolizados en nuestro hospital durante 2018 y 2019

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar el número de aneurismas cerebrales tratados en HU durante los últimos dos años
- Determinar la tasa de recanalización o residuo de los aneurismas embolizados en nuestro hospital en el periodo de estudio

- Analizar la distribución anatómica de los aneurismas embolizados en nuestro centro en los últimos 2 años
- Conocer la tasa de aneurismas recanalizados que requirieron nuevo tratamiento
- Identificar la presencia de resangrado de aneurismas previamente embolizados en nuestro centro
- Identificar la distribución poblacional de los pacientes con aneurismas cerebrales embolizados en nuestro hospital.

5. MATERIALES Y METODOS

Estudio retrospectivo observacional con los pacientes con aneurismas intracraneales tratados mediante embolización con coils en el Hospital Universitario José Eleuterio González (HU) durante los años de 2018 y 2019, a quienes se realizó CTAMaR y DSA para el seguimiento del aneurisma después de la embolización. Las imágenes de CTAMaR y DSA serán analizadas independientemente por dos Neuroradiólogos y dos Neurocirujanos Endovasculares. Los Hallazgos serán asignados a una de las tres categorías de la clasificación de Raymond: oclusión completa, cuello residual o aneurisma residual. La concordancia entre los observadores y las técnicas será evaluada usando la *Kappa* statistics calculando el coeficiente de Cohen. Un valor de 0,41-0,60 para el coeficiente se interpreta como un acuerdo moderado; un valor de 0,61 a 0,80, como acuerdo sustancial; y un valor de 0.81–1.00, como acuerdo casi perfecto.

Criterios de inclusión

- Pacientes que se hayan tratado de aneurisma cerebral por vía endovascular con coils en el HU durante los años 2018 a 2019
- Pacientes embolizados con coils
- Pacientes solo embolizados en HU no en otra institución
- Aneurismas mayores de 2mm

Criterios de exclusión

- Pacientes en quienes no se tenga acceso a su expediente clínico
- Pacientes en quienes no se encuentren disponibles ambas imágenes DSA y CTAMaR
- Pacientes quienes hayan recibido tratamiento en otra institución
- Pacientes con alteraciones vasculares asociadas como malformaciones arteriovenosas, Fístulas durales o aneurismas traumáticos, fusiformes o micóticos.
- Pacientes con imágenes de seguimiento iniciales mayores a tres años
- Pacientes con alergia al contraste yodado
- Imágenes de DSA o CTAMaR de mala calidad
- Pacientes con imágenes de control realizadas en otra institución.

Protocolo de CTAMaR multidetector

Todos los exámenes de CTA de cráneo se realizaron con un escáner de TC de 64 cortes (LightSpeed VCT, General Electric) basado en un protocolo estandarizado. Los CTA se inicia mediante la utilización del Smart Prep con "activación" de la arteria carótida común después de que se inició el bolo de contraste intravenoso. Se inyectó material de contraste yodado no iónico (OPTIRAY 300) a una velocidad de 3.5-4.5 ml / s utilizando un inyector eléctrico dual (Medrad, Stellant). El volumen de material de contraste yodado en cada estudio fue generalmente de 50 a 80 ml. La adquisición de datos de CTA se realizó de acuerdo con el siguiente protocolo: 120-140 kV, 420 mAs, espesor de corte de 0,625 mm e intervalo de reconstrucción de 0,625 mm. El tiempo de revolución de exploración fue de 0,4 s. Se seleccionó una dirección de exploración caudocraneal, y el volumen de cobertura se extendió desde la primera vértebra cervical hasta el aspecto superior de los senos frontales.

El número asignado a un píxel en una imagen de tomografía computada (TC) se le llama "numero CT". Este número CT representa el coeficiente de atenuación lineal en la posición del píxel en la imagen, así CTAMaR se logró con la modificación de ventana, también conocido como "mapeo de niveles de grises" o "modificación de histograma" que es el componente de escala de grises de una imagen TC se modifica mediante los números de CT. Esto cambiará la apariencia de la imagen para resaltar estructuras particulares. El brillo de la imagen se ajusta en el eje vertical (C) de la ventana (eje "y"), mientras que el contraste a través del eje transversal (A) de la ventana (eje "x"). El ancho de la ventana (AV), en el eje "x", se expresa como una "A", es la medida del rango de números CT que contiene una imagen. Un ancho de ventana amplio (Ej. 2000 Unidades Hounsfield UH) mostrará un rango más amplio de

números de CT. Por lo tanto, la transición de estructuras oscuras a claras se producirá en un área de transición más grande comprada con un ancho de ventana estrecho (Ej. <1000 UH). El nivel de la ventana (NV), en el eje "y", también conocido como centro de la ventana y expresado como una "C", es el punto medio del rango de los números de CT mostrados. Cuando se reduce el nivel de la ventana, la imagen de CT será más brillante y cuando se aumenta será más oscura.

Tomando en cuenta el AV y el NV, se pueden calcular los niveles de gris superior e inferior, es decir, los valores superiores a "x" serán blancos y los valores inferiores a "y" serán negros. El nivel de gris superior (x) se calcula: $NV + (AV/2)$. El nivel de gris inferior (y) se calcula: $NV - (AV/2)$. Por ejemplo, la visualización del tejido cerebral se optimiza con los valores A: 80 y C: 40. Aunque esto varía un poco de una institución a otra y de un observador a otro. Los valores propuestos para nuestro protocolo para valorar aneurismas residuales en CTAMaR son A:1140 y C: 2574.

Protocolo de angiografía cerebral con sustracción digital DSA

La DSA intraarterial se realizó dentro de los 60 días posteriores al estudio de CTA. Todas las DSA se realizaron transfemoralmente con introductor y catéter diagnóstico Jb2 5Fr", utilizando una unidad de monoplano DSA (Allura Xper FD20 X-ray System Philips, Netherlands B.V.). Se usó material de contraste no iónico (Optiray 240/100 ml; Mallinckrodt Medical Imaging Ireland, Damastown Mulhuddart.) en todos los casos. Todas las inyecciones en la sala de angiografía se realizaron manualmente. Las tasas y volúmenes de inyección estándar fueron los siguientes: 6 - 8 ml para arteria carótida común, 4–5 ml para arteria carótida interna, 3–4 ml para arteria vertebral, 6–8 ml para

arteria subclavia y 10ml para arco aórtico. Se obtuvieron angiogramas selectivos de la carótida bilateralmente en el oblicuo anteroposterior, lateral y bilateral (+ 45 ° y -45 °) y se obtuvieron proyecciones oblicuas adicionales seleccionadas para aclarar la anatomía del aneurisma a discreción del angiografista. La DSA se realizó con un campo de visión de 30 cm x 38 cm y una matriz de 1024 x 1024. La resolución espacial fue de 0,32 mm x 0,32 mm.

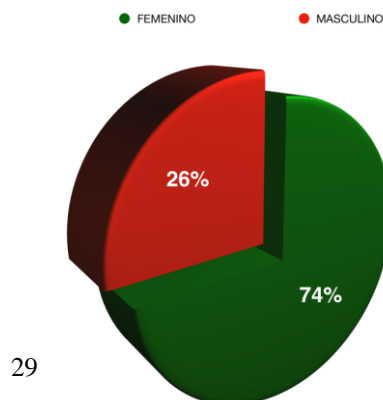
Capitulo VI

6. RESULTADOS

Sesenta y seis pacientes (49 mujeres, 17 hombres con un promedio de edad de 56.5 años, rango de 4-86 años), con 71 aneurismas fueron tratados en 62 embolizaciones con coils entre el 1° de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2019.(Gráfica 1). Luego de las exclusiones (54 pacientes excluidos) 12 pares de imágenes formaron el grupo de estudio representado 12 procedimientos de embolización con coils en igual numero de pacientes.

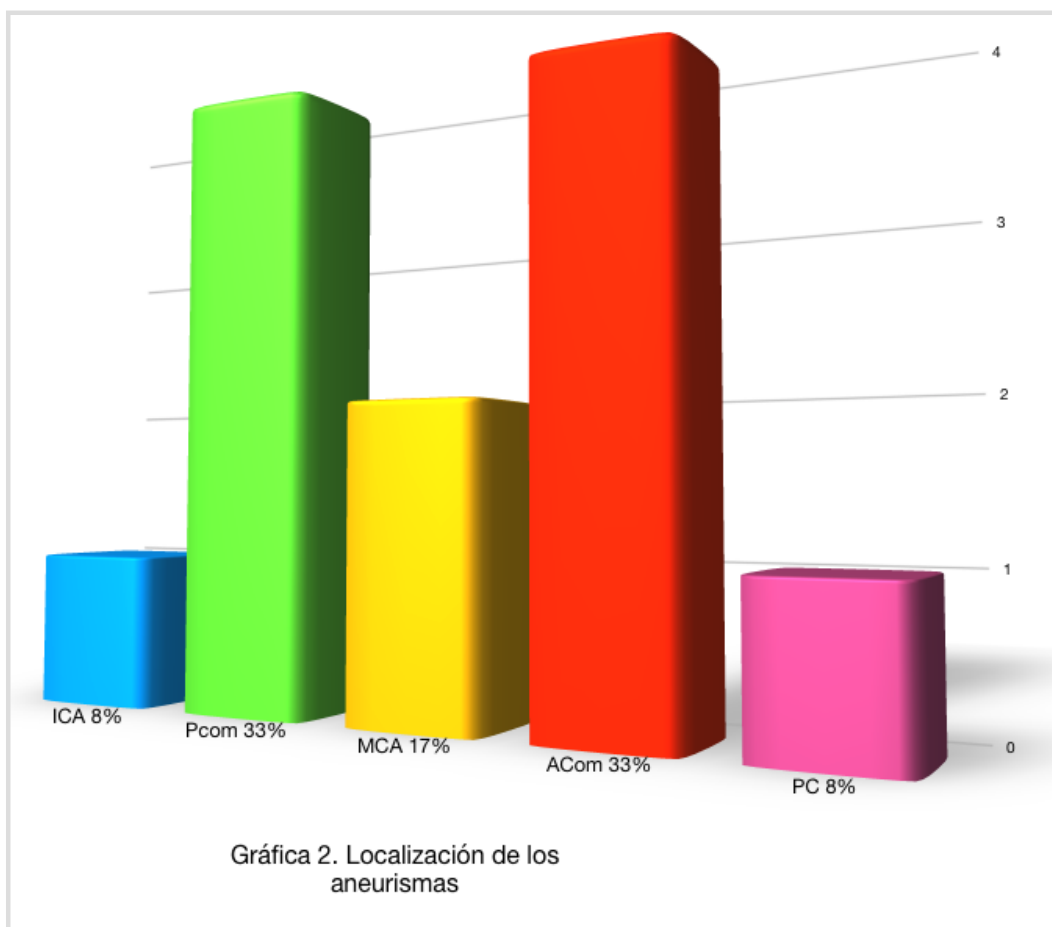
Grafica 1. Distribución por Genero de aneurismas embolizados en HU 2018 - 2019

SEXO	Nº DE PACEINTES
FEMENINO	49
MASCULINO	17



Vertical line

El grupo de estudio incluyó 10 mujeres y 2 hombres, [con un promedio de edad de 59.7 años \(rango 25-85\).es](#). Los aneurismas estuvieron localizados así: Arteria Carótida interna (ICA) 1, Segmento Comunicante posterior de Carótida Interna (Pcom) 4, Arteria Cerebral Media (MCA) 2, Arteria Comunicante anterior (AcoA) 4, Aneurismas de la circulación posterior - Arteria Cerebelosa Posteroinferior (PC) 1. Grafica 2. La diferencia de tiempo medio entre las investigaciones de seguimiento emparejadas CTARaM y DSA fue de 2,7 meses (mediana de 3 meses, rango de 0 a 3 meses). La



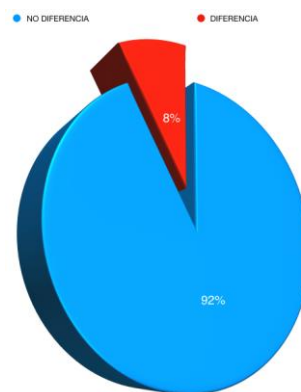
Gráfica 2. Localización de los 12 aneurismas estudiados: Arteria Carótida interna (ICA) 1, Segmento Comunicante posterior de Carótida Interna (Pcom) 4, Arteria Cerebral Media (MCA) 2, Arteria Comunicante anterior (AcoA) 4, Aneurismas de la circulación posterior - Arteria Cerebelosa Posteroinferior (PC) 1.

diferencia de tiempo medio entre la embolización y la CTA de seguimiento inicial (para fines de detección de recurrencia, en lugar de otra indicación, por ejemplo, deterioro neurológico o vasoespasmo) fue de 2,17 meses (mediana de 3 meses, rango de 0,5 a 6 meses), y la diferencia de tiempo medio entre la DSA de la embolización y la de seguimiento inicial fue de 3,83 meses (mediana de 6 meses, rango de 2 a 8 meses).

En 11 (92%) de los 12 episodios de seguimiento por imágenes emparejadas, los resultados de la CTARaM y la DSA coincidieron Gráfica 3. El acuerdo por paciente con el diagnóstico de residuo de aneurisma entre los Neuroradiólogos y los Neurocirujanos Endovasculares, con base en la prueba estadística “kappa de Cohen” fue de 0,82 (IC del 95% = 0,71–0,92), así como un error estándar $r = 0,51$ y una significancia < 0.05 . estos 11 pacientes con coincidencia 7 (64%) no mostraron evidencia de recurrencia en CTARaM o DSA. Gráfica 3.

Grafica 3. DIFERENCIA ENTRE CTAMaR Y DSA

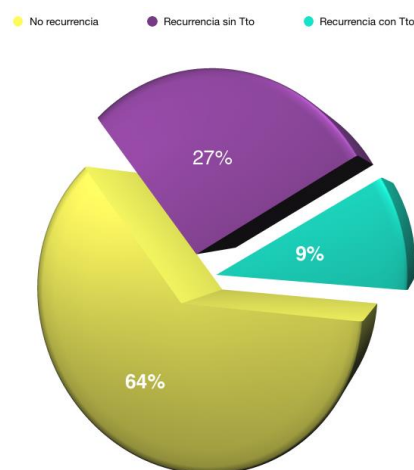
DIFERENCIA	NUMERO DE PACIENTES
NO	11
SI	1



En 3/11 (27%), tanto la CTARaM como la DSA mostraron pequeñas áreas de relleno en el cuello del aneurisma, que no requirieron tratamiento adicional. En 1/11 (9%) ambas modalidades mostraron recidiva en el aneurisma que requirió repetición del tratamiento endovascular. Gráfica 4.

Gráfica 4. Recurrencias que requirieron Tto adicional

Recurrencia dsa y CTA. Y tto	NUMERO DE PACIENTES
No recurrencia	7
Recurrencia sin Tto	3
Recurrencia con Tto	1



En uno (8%) de 12 episodios se identificó una discrepancia entre los resultados de la CTARaM y la DSA con respecto a la presencia o ausencia de recurrencia del aneurisma (Tabla 1). En este, el caso N°2, la CTARaM reveló una pequeña recurrencia que no se identificó en la DSA correspondiente, sin embargo, hubo una diferencia de 92 días entre los dos estudios, siendo realizada primero la DSA (Fig 2).

Se calculó la sensibilidad y especificidad de la CTARaM las cuales fueron de 100% y 75%, respectivamente. De igual forma se realizó el cálculo del valor predictivo positivo

y el valor predictivo negativo de dicha prueba, siendo tales 88.8% y 100%, respectivamente.

Tabla 1 Resumen de Hallazgos

Pacientes identificados por numero	Edad	Sexo	Localización del aneurisma	Recanalización/residuo CATMaR	Recanalización/residuo DSA	Retratamiento
1	73	F	ICA	SI RR2	NO	No
2	57	F	PICA	NO	NO	No
3	42	M	ACoA	SI RR3	SI RR3	Si
4	49	F	PCom	NO	NO	No
5	48	F	MCA	NO	NO	No
6	49	F	PCom	NO	NO	No
7	25	F	ACoA	NO	NO	No
8	62	F	PCom	SI RR2	SI RR2	No
9	72	F	PCom	SI RR2	SI RR2	No
10	76	M	ACoA	SI RR2	SI RR2	No
11	79	F	MCA	NO	NO	No
12	85	F	ACoA	NO	NO	No

Tabla 1. Resume los hallazgos de distribución por edad, sexo, localización de los aneurismas, recurrencia con Clasificación Raymond Roy (RR: 1 embolización completa, 2. Cuello residual, 3. Aneurisma residual), diferencia entre recurrencia en CTAMaR y DSA, y la necesidad de retratamiento. Arteria Carótida interna (ICA), Segmento Comunicante posterior de Carótida Interna (Pcom), Arteria Cerebral Media (MCA), Arteria Comunicante anterior (AcoA). Aneurismas de la circulación posterior - Arteria Cerebelosa Posteroinferior (PICA)

Caso 1.

Paciente N° 3. Masculino de 42 años. En 2009 se presentó con hemorragia subaracnoidea. Un aneurisma roto de ACoA 13mm x 14mm fue embolizado con coils agudamente. Durante 9 años no se presentó a seguimiento. En 2018 consultó de nuevo por cefalea intensa, disminución de visión, y alteraciones del comportamiento.

Se realizó una CTA (Fig 1. A-D), a la que posteriormente se le aplicó el algoritmo CTARaM (Fig 1. E-H), con reconstrucción tridimensional (3D), encontrando recurrencia

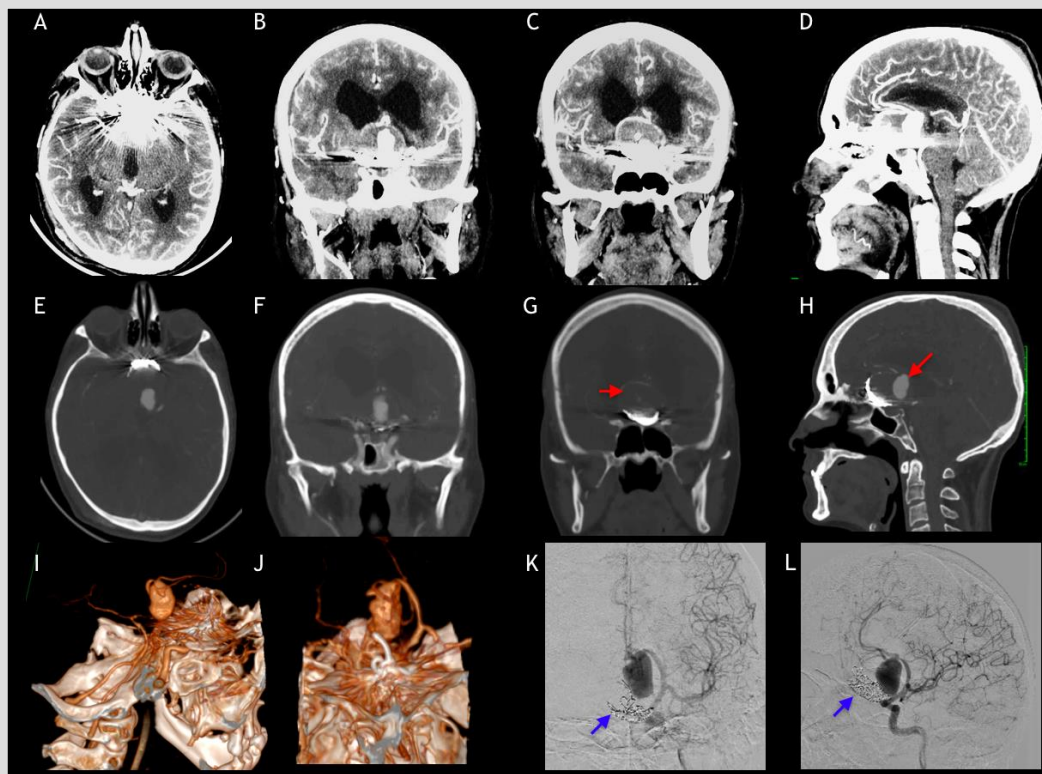


Figura 1. Aneurisma recanalizado. A-D Muestra CTA con técnica tradicional donde el artefacto metálico no permite apreciar la real dimensión de la recanalización, en B y C se identifica parte de la pared del aneurisma de arteria Comunicante Anterior parcialmente trombosado. E-H CTAMaR donde se reduce completamente el artefacto metálico, exhibiendo detalladamente la pared activa del aneurisma (flecha en G) y el real saco aneurismático (flecha en H). I-J Reconstrucción 3D de la CTARaM, deja ver el aneurisma recanalizado y su relación con la base del craneo y las arterias Cerebrales Anteriores. K-L DSA donde se aprecia en el aneurisma residual llenando por la arteria Cerebral Anterior izquierda y su relación con los coils compactados (flecha en K y L) en el fondo de la pared trombosada del aneurisma gigante en imagen de frente K y oblicua izquierda L.

del aneurisma con compactación de la masa de coils en el fondo de un gran saco aneurismático trombosado, convirtiendo al aneurisma que inicialmente fue grande en uno gigante. La reconstrucción 3D (Fig 1. I,J) muestra la imagen real del saco aneurismático separándolo de la pared trombosada y de la masa de coils. La DSA (Fig 1. K,L), permite identificar el aneurisma recanalizado de 32mm x 27mm. De nuestra

serie esta fue la única recurrencia que requirió de nuevo tratamiento, realizándose exitosamente en 2019.

Caso 2.

Paciente N° 1. Femenina 73 años. Hemorragia suabarcnoidea. Un aneurisma roto de ICA paraclinoideo derecho tipo Ib de 10.6mm x 7.0mm (Fig 2. A,C) fue embolizado con coils. En la DSA de control 3 meses después de la embolización no hay evidencia de recanalización o residuo aneurismático (Fig 2. B,D). Una CTA a los tres meses (Fig 2. E-G), usando el algoritmo CTARaM (Fig 2. H-J), y con una Reconstrucción Maxim Intensive Projection (MIP), muestra, contraste dentro de la masa de coils (Fig 2. K) y en el cuello aneurismático (Fig 2. L), como signos de recanalización ática. Este fue un caso en el que los observadores no estuvieron de acuerdo en la recanalización y puede demostrar como la CTARaM puede ser más sensible que la DSA en algunos casos de recanalización que puede no ser evidente en la DSA. No se ha requerido nuevo tratamiento.

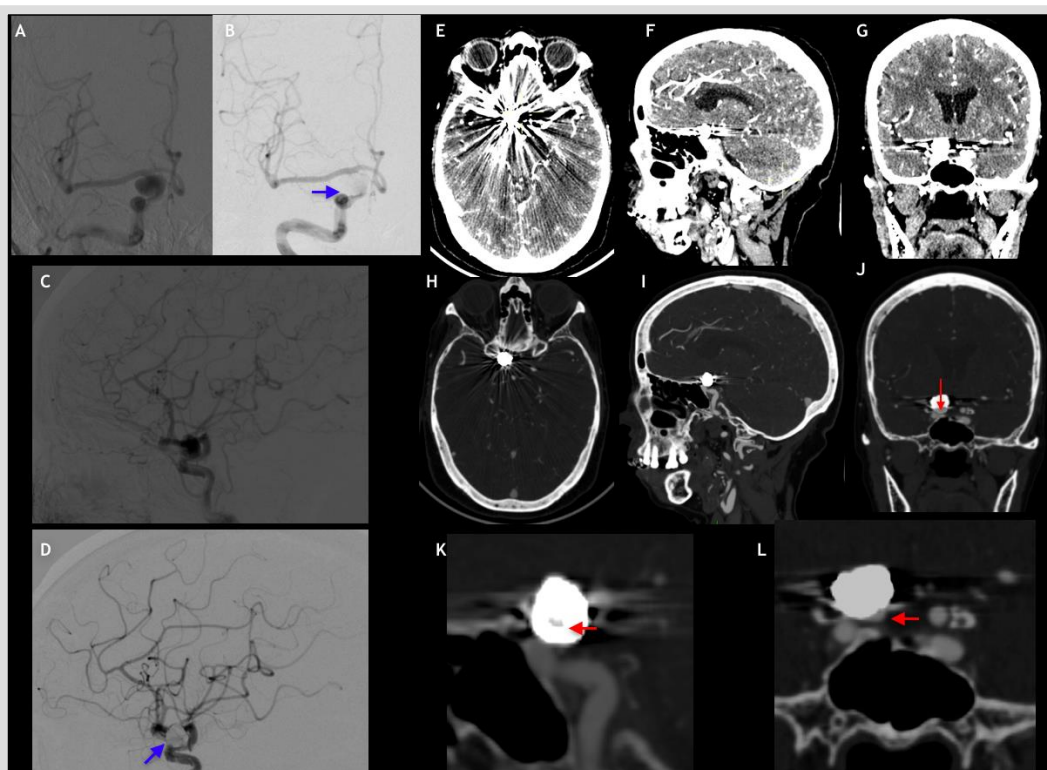


Figura 2. CTARaM - DSA Discrepancia. A-D Muestra DSA con aneurisma paraclinóideo derecho. Antes de embolización A,C. Y 3 meses después de la embolización B,D. Sin evidencia de residuo/recanalización (flecha en B y D). E-G Muestra CTA con técnica tradicional donde el artefacto metálico no permite apreciar recanalización. H-J CTARaM donde se observa recanalización de 2.2mm en el cuello aneurismático en el corte coronal (flecha en J). K-L MIP de CTARaM exhibe contraste dentro de la masa de coils (flecha en K) y en el cuello aneurismático (flecha en L).

7. DISCUSIÓN

Los pacientes con un aneurisma cerebral tratado requieren seguimiento para evaluar el nivel de oclusión del aneurisma o posible recanalización. En el seguimiento de los aneurismas tratados con embolización con coils, la MRA es la modalidad de imagen preferida debido a su alta precisión diagnóstica con sólo artefactos limitados de las espirales. La MRA tiene una clara ventaja sobre la DSA porque es un procedimiento no invasivo y que no necesariamente requiere la administración de medio de contraste. Sin embargo, algunos pacientes no pueden someterse a un examen de resonancia magnética debido a implantes inseguros (por ejemplo, un marcapasos) o debido a claustrofobia. La MRA tampoco es factible en pacientes con un aneurisma tratado con un clip quirúrgico, un derivador de flujo o un dispositivo WEB (Woven EndoBridge), debido a que los artefactos de susceptibilidad dificultan la evaluación diagnóstica. En estas situaciones, la DSA se realiza de forma rutinaria en el seguimiento de los aneurismas cerebrales tratados [16.]

Hasta donde sabemos, CTA con reducción de artefacto metálico (CTARaM) aún no ha sido evaluada en comparación con DSA para el seguimiento de aneurismas embolizados con coils. En nuestro estudio, CTARaM demostró una alta sensibilidad y especificidad en la detección de residuo o recanalización aneurismática mostrando una correlación significativa con DSA. Sobre la base de diferenciar cualquier remanente y ningún remanente, el acuerdo de CTARaM con DSA fue muy similar en la evaluación de la tasa de oclusión aneurismática. Una ventaja en comparación con DSA es que CTARaM permite la evaluación de varios aneurismas embolizados en un solo paso del

examen y no es necesario hacer el estudio en la sala de hemodinamia como se ha evaluado en estudios previos Göllitz P, J Neuroradiol. 2014, Pjontek R, J Neurointerv Surg. 2016, donde se realizó tomografía flat panel rotacional en el angiografo con inyección de contraste endovenoso (ivACT) y se concluyó que tanto el ivACT como el MRA tienen una alta precisión en la detección de residuo o racanalización después de la embolización con coils. La precisión de ivACT así como de MRA fue comparable con la precisión de DSA [17] [18]. Ambas modalidades no invasivas permitieron una evaluación confiable de la tasa de oclusión del aneurisma y el tamaño remanente [17], además el prototipo de software de reducción de artefacto metálico mejoró significativamente la calidad de imagen de los conjuntos de datos de ivCTA en pacientes después de clipaje o embolización con coils y, por lo tanto, dio como resultado un valor diagnóstico significativamente mejor en este grupo de pacientes [18]. Si bien la ivACT al igual que la CTARaM es un examen no invasivo sus costos se elevan en relación con la CTARaM debido al empleo de la sala de hemodinamia, lo que a su vez limita su uso a lugares donde se cuenta con un angiografo, siendo la CTARaM una herramienta que está disponible en donde se cuente con un tomógrafo última generación y el software de disminución de artefacto metálico como el usado por Pan YN Clin Neuroradiol. 2019 [19] o Frederick J. A. Meijer Insights Imaging. 2019 [22], que introdujeron recientemente algoritmos para la reducción de artefactos metálicos de energía única (SEMAR) o ultra-high-resolution CT (UHRCT) en un tomógrafo de 320 detectores de segunda generación para reducir la influencia de los implantes metálicos en las imágenes de CT cuyos estudios lograron concluir que los algoritmos de reconstrucción SEMAR y UHRCT permitieron una mejor visualización de las estructuras circundantes al aneurisma y una mejor detección de las complicaciones pos

operatorias como la recanalización del aneurisma o la compactación de los coils [19], lo cual es está acorde con nuestros hallazgos donde la CTARaM permitió identificar de manera altamente sensible y específica el residuo y la recanalización del aneurisma embolizado con coils.

La presente investigación logró mostrar como la CTARaM puede ganarse un lugar en el seguimiento de pacientes que fueron embolizados con coils en quienes por su situación económica, geográfica o por tener contraindicaciones para la realización de una MRA o una DSA [15, 16], estas no son factibles, por lo tanto CTARaM se convierte en un alternativa de menos costo, y con mayor posibilidad de realización en países en desarrollo donde la MRA y la DSA tienen altos costos y poca disponibilidad en los hospitales fuera de los centros de referencia de las grandes ciudades. Podemos ahora proponer la realización de una CTARaM después de los 3 meses posteriores a la embolización del aneurisma cerebral con coils, como un primer examen de control; en el cual, si no se evidencian signos de recanalización, este mismo estudio se puede realizar a los 6, 12 y 24 meses, siendo necesaria una DSA únicamente en caso que alguno de estos controles muestre signos de recanalización del aneurisma como lo que observamos en el caso N°2. De igual manera los controles posteriores a los 36 meses, 60 meses y posteriores pueden ser realizados por CTARaM, pero se requieren nuevas investigaciones que comparen la MRA con la CTARaM en el seguimiento de los aneurismas tratados por vía endovascular.

Nuestro estudio tuvo algunas limitaciones. Primero, la falta de angiografía rotacional con reconstrucciones 3D no permite una interpretación precisa de los angiogramas

intracraneales, particularmente para detectar restos de cuello. Diferentes estudios informaron el falso negativo de la DSA 2D debido al efecto creado por la masa de coils radiopaca sobre y alrededor de la recanalización y la necesidad de angiografía rotacional [20]. Esta limitación podría explicar por qué ciertos casos se no se notó recanalización, aunque se vio un escaso flujo de contraste dentro de aneurisma en la CTARaM pero no en la angiografía y aun así no se clasificaron como recanalización, situación que notamos el paciente N° 2. Segundo nuestros hallazgos son limitados porque se utilizó principalmente un solo tipo de coils para el tratamiento de aneurismas en nuestra población de estudio. Además, el tamaño de la muestra y el número de aneurismas con residuo/recanalización fueron relativamente pequeños; por lo tanto, un objetivo para futuras investigaciones podría ser agregar una serie mas grande de aneurismas donde haya un mayor número de recanalizaciones para análisis. Tercero como se trata de una serie de casos retrospectiva, no aleatorizada, se podría incurrir en un sesgo de selección. Cuarto la tecnología usada para la CTARaM con la que se realizó nuestro estudio ha mejorado de manera sustancial en los últimos años logrando con los nuevos softwares [16],[22], aun mejores resultados que los obtenidos en nuestro trabajo. Entonces otra futura dirección de investigación sería una serie más grande de pacientes incorporando los nuevos avances tecnológicos en la CTARaM para el aneurisma tratado endovascularmente.

8. CONCLUSIÓN

Este estudio sugiere que CTARaM es un método seguro y valioso para el seguimiento de aneurismas intracraneales tratados con coils. Esta técnica es al menos tan precisa como DSA en la evaluación y detección del flujo, residuo y recanalización en aneurismas intracraneales tratados con coils. CTARaM Permite obtener imágenes vasculares no invasivas con buen detalle, acercándose casi a la resolución que se ve durante la DSA invasiva. Con la aplicación de filtrado de imágenes optimizado para la reducción del artefacto metálico, la CTA se puede aplicar en el seguimiento de aneurismas cerebrales tratados con coils. De acuerdo con estas observaciones, sugerimos que CTARaM puede en determinados escenarios sustituir o complementar a la DSA para el seguimiento de imágenes de aneurismas intracraneales tratados con coils de platino. Sin embargo, el valor agregado de CTARaM aún debe evaluarse en futuros estudios de cohortes prospectivos con poblaciones más grandes e incorporando nuevas tecnologías.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Rinkel GJ, Djibuti M, Algra A, Van Gijn J (1998) Prevalence and risk of rupture of intracranial aneurysms: a systematic review. *Stroke* 29:251–256
2. Guglielmi G, Vinuela F, Sepetka I, Macellari V (1991) Electro- thrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 1: electrochemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg* 75:1–7
3. Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G (1991) Electro- thrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: preliminary clinical experience. *J Neurosurg* 75:8–14
4. Molyneux A, Kerr R, Stratton I et al (2002) International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. *Lancet* 360:1267–1274
5. Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J et al (2003) Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet* 362:103–110
6. Ahmed SU, Mocco J, Zhang X, et al. MRA versus DSA for the follow-up imaging of intracranial aneurysms treated using endovascular techniques: a meta-analysis *J NeuroIntervent Surg* epub ahead of print neurintsurg-2019-014936
7. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, Sandercock P; International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group (2005) International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects

on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet* 366:809–817

8. Wallace RC, Karis JP et Al: Noninvasive imaging of treated cerebral aneurysms, part I: MR angiographic follow-up of coiled aneurysms. *Am J Neuroradiol* 28: 1001-1008, 2007
9. Pierot L, Delcourt C et Al: Follow-up of intracranial aneurysms selectively treated with coils: Prospective evaluation of contrast-enhanced MR angiography. *Am J Neuroradiol* 27: 744-749, 2006.
10. Hsu-Huei W, Shaner-Yeun J, Chun-Yuh Y, Yuan-Hsiung T; (2008) Meta-analysis on Diagnostic Accuracy of MR Angiography in the Follow-Up of Residual Intracranial Aneurysms Treated with Guglielmi Detachable Coils. *Interventional Neuroradiology* 14 (Suppl. 2): 53-63, 2008
11. Boulin A, Pierot L. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of gadolinium-enhanced 3D time-of-flight MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiology* 2001;219:108 –13
12. Campi A, Ramzi N, Molyneux AJ et al (2007) Retreatment of ruptured cerebral aneurysms in patients randomized by coiling or clipping in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). *Stroke* 38:1538–1544
13. Raymond J, Guilbert F, Weill A et al (2003) Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 34:1398–1403
14. Buhk JH, Kallenberg K, Mohr A, et al. Evaluation of angiographic computed tomography in the follow-up after endovascular treatment of cerebral aneurysms: a comparative study with DSA and TOF-MRA. *Eur Radiol* 2009;19:430 –36
15. Chen W, Yiang Y, Xing W, Qiu et Al: Application of multislice computed tomographic angiography in diagnosis and treatment of intracranial aneurysms *Clinical Neurology and Neurosurgery* 112 (2010) 563–571
16. Meijer FJA, van Maren EA, Boogaarts HD. Subtraction CT angiography in the follow-up of treated cerebral aneurysms. *Neuroradiology*. 2019;61(7):735-736. doi:10.1007/s00234-019-02216-x
17. Gölitiz P, Struffert T, Kaschka I, Roessler K, Knossalla F, Doerfler A. Optimized angiographic CT using intravenous contrast injection: a noninvasive imaging option for the follow-up of coiled aneurysms?. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35(12):2341-2347. doi:10.3174/ajnr.A4039
18. Pjontek R, Önenköprülü B, Scholz B, et al. Metal artifact reduction for flat panel detector intravenous CT angiography in patients with intracranial metallic implants after endovascular and surgical treatment. *J Neurointerv Surg*. 2016;8(8):824-829. doi:10.1136/neurintsurg-2015-011787.
19. Pan YN, Chen G, Li AJ, et al. Reduction of Metallic Artifacts of the Post-treatment Intracranial Aneurysms: Effects of Single Energy Metal Artifact Reduction Algorithm. *Clin Neuroradiol*. 2019;29(2):277-284. doi:10.1007/s00062-017-0644-2

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

20. Hochmuth A, Spetzger U, Schumacher M. Comparison of three-dimensional rotational angiography with digital subtraction angiography in the assessment of ruptured cerebral aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23(7):1199–205.
21. Agid R, Willinsky RA, Lee SK, Terbrugge KG, Farb RI. Characterization of aneurysm remnants after endovascular treatment: contrast-enhanced MR angiography versus catheter digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29(8):1570-1574. doi:10.3174/ajnr.A1124
22. Meijer FJA, Schuijf JD, de Vries J, Boogaarts HD, van der Woude WJ, Prokop M. Ultra-high-resolution subtraction CT angiography in the follow-up of treated intracranial aneurysms. *Insights Imaging*. 2019;10(1):2. Published 2019 Jan 28. doi:10.1186/s13244-019-0685-y



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO

Of. No. Ncx. 164/2020.

DR. MED. FELIPE ARTURO MORALES MARTÍNEZ
Subdirector de Estudios de Posgrado
P r e s e n t e.-

Por medio de la presente hago constar que la tesis titulada "ANGIOTOMOGRAFIA CEREBRAL CON REDUCCIÓN DE ARTEFACTO METÁLICO VS ANGIOGRAFIA POR SUSTRACCIÓN DIGITAL PARA EL SEGUIMIENTO DE ANEURISMAS CEREBRALES TRATADOS POR VIA ENDOVASCULAR " cuyo autor es el Dr. Luis Felipe Checa Hurtado, ha sido revisada por el programa Turnitin, encontrando un 4% de similitud y después de la interpretación de los datos se ha llegado a la conclusión que no existe evidencia de plagio de la tesis.

Quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Atentamente
"Aleré Fiammam Veritatis"
Monterrey, N. L., a 11 de diciembre del 2020

DR. MED. ANGEL MARTINEZ PONCE DE LEÓN
Jefe del Servicio de Neurocirugía y
Terapia Endovascular Neurológica

Con formato: Fuente:
(Predeterminado) Arial

Tesis TEN 2020 Luis Felipe Checa

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repository.urosario.edu.co Fuente de Internet	1%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%
3	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	1%
4	www.elsevier.es Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unicamp.br Fuente de Internet	<1%
6	doku.pub Fuente de Internet	<1%
7	uvsalud.univalle.edu.co Fuente de Internet	<1%

Con formato: Fuente:
(Predeterminado) Arial

Con formato: Izquierda

Capítulo XI

11. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO